

Revista Brasileira de Cartografia (2016), N° xxx, Edição Especial Geoinformação e Análise Espacial:
759-777 Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento
RemotoISSN: 1808-0936

AVALIAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS PELAS OBRAS DE IMPLANTAÇÃO DA RODOVIA BR-158/MT, KM 139,91 AO KM 201,01, ENTRE OS ANOS 2009 A 2013, A PARTIR DO PROCESSAMENTO DE IMAGENS ÓPTICAS

Evaluation of the recovery of areas degraded by the works of implementation of the br-158 /MT, km 139.91 to km 201.01, between the years 2009 to 2013, from the processing of optical images

Thaís Nunes Gomes de Menezes ¹
Edilson de Souza Bias ²
Tati de Almeida³

Universidade de Brasília – UNB
Instituto de Geociência - IG
Especialização em Geoprocessamento Ambiental
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília - CEP 70910-900
thais.ng11@gmail.com

RESUMO

É característico de países em desenvolvimento a execução de diversos tipos de obras de infraestrutura para o melhoramento da sociedade. A Rodovia BR-158 é um exemplo, seu eixo viário atravessa o país de norte ao sul, passando pelos estados do Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, findando na fronteira com o Uruguai, no município de Santana do Livramento. Para a presente pesquisa foi avaliado o trecho correspondente a BR-158/MT (Trecho Norte) especificamente entre os km 139,91 ao km 201,01 o qual perpassa os municípios de Confresa, Porto Alegre do Norte e Canabrava do Norte, todos no Estado do Mato Grosso. O objetivo desta pesquisa foi identificar por meio de imagens temporais as áreas degradadas em apoio às obras e a partir disto verificar se houve aumento ou diminuição nas áreas utilizadas como jazidas, doze (12) áreas no total, indicando assim possível recuperação da cobertura vegetal por meio da aplicação do NDVI e assim verificar eficiência das ações executadas pelo PRAD, o qual foi executado durante as obras de implantação da Rodovia BR-158/MT como exigência do processo de licenciamento ambiental.

Palavras chaves: licenciamento ambiental, índice de vegetação, recuperação de áreas degradadas, jazidas.

ABSTRACT

It is characteristic of developing countries to carry out various types of infrastructure works for the betterment of society. The BR-158 Highway is an example, its road crosses the country from north to south, passing through the states of Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul, ending at the border With Uruguay, in the municipality of Santana do Livramento. For the present study, the section corresponding to BR-158 / MT (North Section) was specifically evaluated between km 139.91 and km 201.01, which runs through the municipalities of Confresa, Porto Alegre do Norte and Canabrava do Norte, all State of Mato Grosso. The objective of this research was to identify, by means of temporal images, the degraded areas in support of the works and from this to verify if there was increase or decrease in the areas used as deposits, twelve (12) areas in total, thus indicating a possible recovery of the vegetation cover by Through the implementation of the NDVI and thus verify the efficiency of the actions carried out by the PRAD, which was executed during the implementation of the Highway BR-158 / MT as a requirement of the environmental licensing process.

Keywords: Environmental licensing, vegetation index, recovery of degraded areas, deposits.

1. INTRODUÇÃO

Conforme o Guia de procedimentos do Licenciamento Ambiental Federal, elaborado pelo Centro de Licenciamento Ambiental Federal (2002), o licenciamento ambiental foi estabelecido nacionalmente por meio da Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, a qual estabeleceu a Política Nacional de Meio Ambiente e definiu os princípios e os objetivos que norteiam a gestão ambiental. Sendo assim, o licenciamento ambiental é o pré-requisito para qualquer ação que utilize recursos naturais que sejam consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras. Diante disso, todo empreendedor, seja público ou privado deve buscar o licenciamento ambiental junto ao órgão competente, seja da esfera estadual ou federal.

De acordo com informações extraídas do site do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA o processo de licenciamento ambiental federal é dividido em três etapas distintas: Licenciamento Prévio (LP), Licenciamento de Instalação (LI) e Licenciamento de Operação (LO). Para subsidiar a LP, sendo o empreendimento de significativo impacto ambiental, o empreendedor encaminha ao IBAMA o Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). Na etapa da LI o empreendedor encaminha ao IBAMA o Plano Básico Ambiental (PBA) o qual detalha os programas ambientais que serão desenvolvidos com o intuito de minimizar os impactos decorrentes da implantação do empreendimento. Na fase da LO o empreendedor elabora um conjunto de relatórios descrevendo a implantação dos programas ambientais e medidas mitigadoras previstas nas etapas de LP e LI.

A princípio o processo de licenciamento ambiental da BR-158, em seu segmento no estado do Mato Grosso, foi tratado como um processo único na fase de emissão da LP nº 270/2008, para os trechos: Divisa PA/MT ao Entrocamento BR-070/MT-100 (Divisa MT/GO – Barra do Garças), subtrecho: Div. PA/MT ao entroncamento MT-412, segmento 0,0 ao km 213,5 – denominado trecho Norte; e subtrecho: Entrocamento MT-242 (B)/322(A) – Ribeirão Cascalheira, segmento do km 328,00 ao km 417,80, totalizando 303,6 km de extensão.

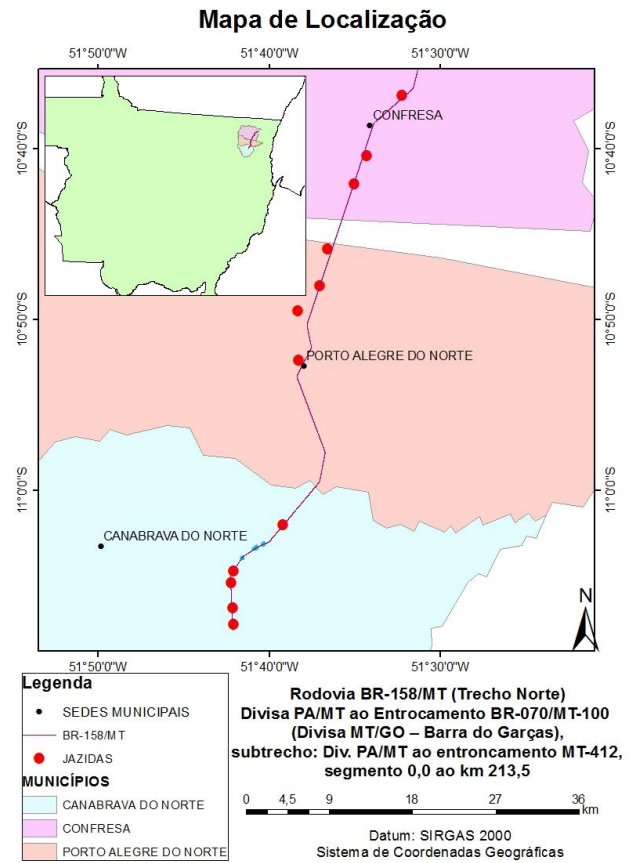


Figura 1 – Mapa de Localização

O trecho Norte do empreendimento transpassa os municípios de Vila Rica, Confresa, Porto Alegre do Norte, Canabrava do Norte e São Félix do Araguaia, todos no estado do Mato Grosso, situado aproximadamente entre os paralelos 09°44’ e 11°14’ de latitude sul e meridianos 51°00’ e 51°41’ de longitude oeste, inserido numa região de clima tropical, com estação seca nos meses do inverno.

Com base no histórico do processo de licenciamento da rodovia BR-158/MT, para a fase de LI o órgão ambiental responsável pelo empreendimento entendeu que seria melhor fracionar esses dois trechos e emitir o Relatório do Plano Básico Ambiental para cada trecho separadamente. Assim sendo, o relatório do Plano Básico Ambiental correspondente ao Trecho Norte foi apresentado ao IBAMA no ano de 2009, o qual subsidiou a emissão da LI nº 615 de 2009 indicando a execução dos 11 programas sugeridos e elencados no mencionado PBA.

O Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) foi apresentado no PBA como uma das ações para mitigação/minimização de impactos advindos do empreendimento. Este programa foi subdividido em dois

Subprogramas o quais objetivavam a recuperação de áreas de intervenção de obras e dos passivos ambientais existentes anteriormente as obras de pavimentação.

Para as áreas de intervenção das obras (áreas de apoio da rodovia, que correspondem a jazidas de material) o PRAD teve como objetivo geral *estabelecer procedimentos e medidas voltadas para reabilitação das áreas exploradas para pavimentação da rodovia, visando o restabelecimento das áreas afetadas e resgatando as características paisagistas originais*. (PBA, Ecoplan 2009).

O Trecho Norte da BR-158/MT foi subdividido em 3 lotes de obras denominados: Lote 01/1-A, Lote 01/1-B e Lote 02/2-A. A fins de avaliação da efetividade do PRAD foram escolhidas as áreas de jazidas do Lote 02/2-A, uma vez que o mesmo teve sua obra iniciado em junho de 2009 e finalizada em agosto de 2011 com a execução total das ações do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas.

As ferramentas de geoprocessamento auxiliaram na avaliação dessas regiões uma vez que as mesmas servirão de subsídio para as análises, cálculo da área e comparação da cobertura vegetal por meio da aplicação do índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o qual indicara por meio da imagens processada como as áreas estavam no início das obras, no final das mesmas e dois anos após a conclusão.

Ressalta-se que a quantificação dos índices serviram para análise da cobertura vegetal, garantindo que aquelas áreas encontram-se ou não revegetadas. No entanto, cumpre ressaltar que somente pela análise das imagens não seria possível avaliar se a recomposição da região ocorreu tão somente pelas ações executadas pelo PRAD ou pela própria regeneração natural, sendo assim a avaliação da revegetação será dada de forma generalizada.

Dessa forma este trabalho objetiva realizar o estudo multitemporal no período de 2009 a 2013, visando avaliar a recuperação das áreas utilizadas como apoio das obras de implantação, ou seja, as áreas que foram utilizadas para retirada de materiais (mais especificamente cascalho) para implantação da BR-158/MT (Trecho Norte) lote 02/2A, km 139,91 ao km 201,01.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O geoprocessamento é um conjunto de tecnologias mais atuais e, é por meio dele que podem ser utilizadas técnicas matemáticas e computacionais para a obtenção e tratamento de informações geográficas.

Câmara e Davis (2001), apontam que o geoprocessamento vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) tem sido grande aliados na coleta, armazenamento, análise e disponibilização de informações georreferenciadas produzidas por meio das aplicações a diversas áreas de interesse humano, como no monitoramento, planejamento e tomada de decisões relativas ao espaço geográfico.

A crescente expansão das atividades humanas sobre o meio ambiente tem gerado aumento expressivo da demanda por tecnologias de manejo ambiental. A necessidade de mapeamento, manejo e monitoramento dos recursos naturais renováveis e não renováveis tem resultado na evolução tecnológica dos sistemas de informações geográficas.

Castanho e Rosa (2007) sustentam que a utilização de geoprocessamento em estudos ambientais é extremamente válida uma vez que esta ferramenta engloba uma série de instrumentos automatizados e direcionados para representação espacial, tornando-se um eficaz instrumento na espacialização cartográfica de eventos ambientais de qualquer área, uma vez que servem de suporte desde a coleta, tabulação, tratamento e posterior espacialização dos dados coletados, enfatizando inclusive as diversas informações que podem ser geradas a partir da coleta e tabulação destes dados.

No caso da utilização de imagens de satélite, para Salles et al (2011), trata-se de uma boa alternativa para monitoramento de regiões de difícil acesso ou regiões que sofram eventos climáticos que afetem o ecossistema, visto que as informações obtidas a partir das imagens permitem análises multi-temporais da dinâmica destas áreas possibilitando a geração de informações que demonstram as condições a que o sistema se submeteu ao longo do tempo.

Diante disso atualmente há uma grande quantidade de usuários que se utilizam de geotecnologias disseminando assim o uso de imagens obtidas por sensores remotos os quais utilizam o processamento digital de imagens como apoio às análises e pesquisas.

Além disso, segundo Antunes et al. (2014, p. 105-

113) *“as características de resolução dos sensores remotos são determinantes para que se tenha a capacidade de extrair informações da superfície. A resolução espacial juntamente com a acurácia geométrica das imagens determina a escala de trabalho para a produção de mapas a partir da interpretação das imagens. A resolução temporal determina a possibilidade de monitoramento da superfície e da análise de séries temporais de dados [...] A resolução espectral do sensor com bandas posicionadas em faixas do espectro de importância para o monitoramento agrícola e ambiental é essencial para a obtenção de informações da superfície.”*

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI, em inglês) é representado por valores que variam de -1 a 1. Quanto mais próximo de 1, maior será o Índice de Vegetação, ou seja, cobertura vegetal densa, úmida e bem desenvolvida (KAZMIERCZAK, 1996). De acordo com Oliveira et al. (2012) o NDVI negativo corresponde a maior refletância no visível e refere-se aos corpos d'água enquanto o NDVI próximo a zero caracteriza-se por refletância similar no visível e infravermelho e refere-se a solos. Já o NDVI maior que 0,3 possui refletância maior no infravermelho e corresponde a vegetação sadia.

A utilização desse índice visou comprovar por meio das imagens geradas se as áreas de jazidas encontravam-se com algum tipo de cobertura vegetal ou com solo exposto, possibilitando avaliar a recuperação ou não destas áreas.

O Normalized Difference Vegetation - NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), proposto por Rouse et al (1973), é a normalização do índice Razão Simples a partir da equação (1), determinando o intervalo -1 a 1 aos seus valores (Ponzoni, Shimabukuro, 2009). Onde, quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação; o valor 0 (zero) indica superfície não vegetada (Rosendo, 2005).

Os maiores valores de NDVI correspondem aos ND (Número Digital) mais elevados, relacionam-se às áreas de vegetação com maior vigor. Enquanto os menores valores equivalem aos ND baixos, representam as áreas de vegetação estressada ou áreas desnudas.

A Resolução CONAMA nº 10 de 06 de dezembro de 1990 estabelece critérios específicos para o licenciamento ambiental de extração mineral da Classe II (jazidas de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil), determinando que em caso de exploração esta deverá ser precedida de licenciamento ambiental do órgão estadual de meio ambiente ou do IBAMA.

No caso das jazidas utilizadas em todo o trecho da BR-158/MT o IBAMA delegou o licenciamento a Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Estado do Mato Grosso (SEMA/MT). Todas as áreas exploradas foram licenciadas e seguiram os padrões pré-estabelecidos.

Segundo o Ministério de Meio Ambiente em matéria publicada no site em 25/11/2012 a recuperação de áreas degradadas está intimamente ligada à ciência da restauração ecológica. Restauração ecológica é o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. Um ecossistema é considerado recuperado – e restaurado – quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar se desenvolvendo sem auxílio ou subsídios adicionais.

A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, em seu art. 2º, distingue, para seus fins, um ecossistema “recuperado” de um “restaurado”, da seguinte forma:

Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:
[...]

XIII - recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original;

XIV - restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original.

O Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989, que dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, em seu artigo 1º rege que “os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente o Plano de Recuperação de Área Degradada - PRAD.”

Acima disso, a recuperação de áreas degradadas encontra respaldo na Constituição Federal de 1988, em seu art. 225 § 2º estabelece que aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

De acordo com Odum (1988, p.434) a regeneração de áreas mineradas no Cerrado parece ser extremamente lenta e, devido aos problemas ambientais que frequentemente causam, jazidas explotadas devem ser recuperadas. Há, ainda, a possibilidade de que o clímax de áreas mineradas no Cerrado seja atingido em poucas décadas de sucessão. Teoricamente, as condições

adversas dos substratos minerados assemelhariam áreas mineradas a ecossistemas extremamente áridos, cuja cobertura vegetal e diversidade biológica são baixas (DAJOZ, 1973; ODUM, 1993). Dessa forma, a intervenção humana seria então necessária para prover uma cobertura vegetal satisfatória nesses locais.

Dessa forma os Programas de Recuperação de Áreas Degradadas são importantes meio de gestão e gerenciamento da restauração ambiental em áreas que foram de alguma forma exploradas por atividades antrópicas.

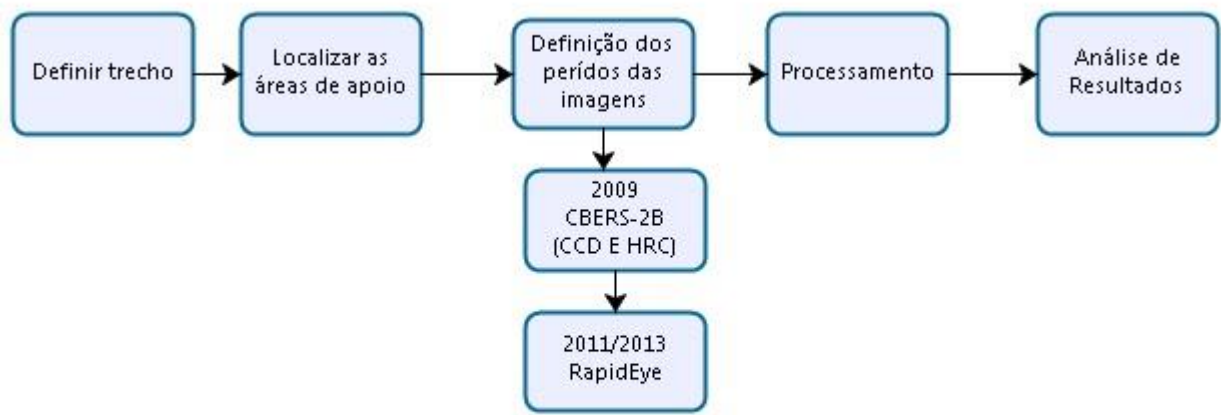
Stuart (2007) ressalta que estes PRAD's devem visar, primeiramente, à criação de paisagens estáveis nas jazidas exploradas. Depois, devem tornar substratos minerados aptos ao recebimento de plantas e, finalmente, devem identificar as espécies vegetais que são capazes de iniciarem um processo de sucessão ecológica. Atualmente são reconhecidas treze medidas que visam à recuperação de áreas degradadas, que vão desde o isolamento do local, para favorecer a regeneração natural, até a restauração do ecossistema. Isolamento do local, supressão da causa de degradação, aproveitamento de camada superficial de solos, indução da regeneração natural por meio da reconstrução topográfica, do plantio de espécies-chave, de introdução de estruturas atrativas de fauna e, finalmente, a revegetação são as práticas mais comuns para a recuperação de áreas degradadas pela mineração.

Análise da existência de algum tipo de retrocesso no tamanho das áreas que foram utilizadas nas obras poderão indicar que de alguma forma a região está retornando ao seu estágio inicial anterior a implantação das obras.

3.MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Fluxograma das etapas

Fluxograma 1 – Etapas do processo



Inicialmente foram consultados os Relatórios Mensais disponibilizados pela empresa Ecoplan Engenharia LTDA., responsável pela Gestão Ambiental da BR-158/MT (Trecho Norte) em contrato firmado com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), empreendedor responsável pela obras da rodovia em tela, sendo uma das atribuições da empresa contratada para a Gestão Ambiental a supervisão e monitoramento da execução do PRAD, o qual tem suas ações desempenhadas pelas empreiteiras, formalizando o repasse de informações por meio dos mencionados relatórios.

A partir do ano de 2010, ano do início do contrato de Gestão Ambiental, a empresa esteve monitorando as áreas que estavam sendo utilizadas como apoio a execução da obra registrando-as e catalogando as ações executadas pelas empreiteiras.

O acompanhamento das ações no início das obras em 2009 foi feito pelo próprio DNIT, no entanto não foram gerados relatórios específicos referentes as áreas de exploração de material que possam ter iniciado juntamente com as obras. Dessa forma, as informações referentes a este ano foram baseadas nas imagens de satélites.

Nos relatórios elaborados pela ECOPLAN foram adquiridas informações referentes às áreas utilizadas para apoio às obras do Lote 02/2A a partir do ano de 2010, bem como a sua localização geográfica por meio de coordenadas UTM, conforme tabela abaixo:

JAZIDAS	COORDENADAS	M²	MATERIAL EXTRAÍDO
J01	441171/8826556	10.400	Cascalho
J02	437453/8819996	133.400	Cascalho
J03	436095/8816972	12.00	Cascalho
J05	433295/88099552	60.000	Cascalho
J07	432432/8806006	20.000	Cascalho
J08	430151/8803317	43.977	Cascalho
J13	430187/8797983	30.000	Cascalho
J17	428571/8780234	15.000	Cascalho
J18	423372/8769505	36.800	Cascalho
J19	423267/8771261	4.000	Cascalho
J20	423121/8773969	100.000	Cascalho
J21	423313/8775223	30.000	Cascalho

Tabela 1 – Informações das jazidas.

A Tabela 1 apresenta apenas as jazidas que foram analisadas neste projeto, uma vez que 4 jazidas utilizadas

durante as obras de implantação precisaram ser descartadas das análises objeto deste trabalho por não ter sido possível adquirir a imagem para a cena correspondente a localização das mesmas para o ano de 2013.

Por meio das coordenadas de cada ponto cotado em campo e apresentado nos relatórios, foi criado *shapefile* do tipo polígono através da interpretação das imagens, delimitando assim a área para cada jazida, para cada período. Este shape corresponde a localização exata das coordenadas, porém os mesmos não representavam as áreas de jazidas e sim locais próximos a mesma e foram utilizados para facilitar a localização.

O trecho correspondente ao Lote 02/2A, km 139.91 to km 201.01, objeto do presente trabalho, foi delimitado com base no Sistema Nacional de Viação do DNIT, para o ano de 2016.

3.2 Aquisição das Imagens

As obras na BR-158/MT (Trecho Norte) iniciaram em junho de 2009 e tiveram sua conclusão, no que se refere ao Lote 2A, no mês de agosto de 2011. Dessa forma, para aquisição das imagens foi levado em consideração os intervalos dos anos de 2009, 2011 e 2013.

A idéia inicial era a aquisição de imagens de um único satélite em diferentes anos, porém para a área em estudo não foi viável. Dessa forma, a imagem para o ano de 2009 foi adquirida no site do Instituto Nacional de Pesquisas espaciais (INPE), satélite CBERS-2B, sensor CCD com resolução espacial 20 m, altitude: 778 km, orbita: 162 A localizada nos pontos: 112_2-5, sendo necessária apenas 1 cena correspondentes ao dia 01/07/2009, imagem:

CBERS_2B_CCD1XS_20090701_162_112_L2_BAND4

Outras imagens adquiridas para o ano de 2009, também do satélite CBERS-2B, foram as seguintes:

CBERS_2B_HRC_20090623_162_A_112_2_L2_BAND1,
CBERS_2B_HRC_20090623_162_A_112_3_L2_BAND1,
CBERS_2B_HRC_20090623_162_A_112_4_L2_BAND1
CBERS_2B_HRC_20090623_162_A_112_5_L2_BAND1

Estas imagens correspondem ao sensor HRC, pancromático, com resolução espacial de 2,7 metros, sendo necessária a utilização de quatro cenas para a cobertura de todo trecho em estudo e encontram- se localizadas também nos pontos: 112_2-5, as quais serviram de subsídio para análise das áreas de jazida com maior detalhe devido a sua resolução.

Para o ano de 2011 e 2013 foram adquiridas imagens *RapidEye*, pelo catalogo de imagens do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Estas imagens possuem uma constelação

de 5 satélites capazes de adquirir imagens coloridas com resolução espacial de 5 metros, altitude da orbita de 630 km, resolução radiométrica de 12 bits por *pixels*, sendo necessária a utilização de 6 cenas, conforme Tabela 2

ANO	CENA	DATA
2011	2234212	Julho/2011
	2234112	Setembro/2011
	2234012	Maio/2011
	2234011	Maio/2012*
	2233912	Maio/2011
	2233911	Setembro/2011
2013	2234212	Maio/2013
	2234112	Maio/2014*
	2234012	Maio/2013
	2233912	Maio/2013
	2233911	Junho/2013

Tabela 2 – Informações das imagens adquiridas

O critério para seleção das imagens foi a qualidade e a ausência de nuvens, bem como a disponibilidade das cenas dentro do ano estabelecido buscando prioritariamente as imagens no período seco na região (de junho a agosto). No entanto a disponibilidade para imagens nesta época não estavam homogêneas e, dessa forma, as imagens adquiridas fora desse critério ocorreram tão somente pela falta de disponibilidade nos padrões desejados. Assim sendo, buscou-se a aquisição das imagens que mais se aproximavam desse período conforme a disponibilidade.

Outra questão encontrada para a aquisição das imagens do ano de 2013 pelo satélite *RapidEye* foi a ausência de imagem em uma das cenas deste ano e dos anos seguintes. Com isso fez-se necessária a utilização de apenas 5 cenas.

3.3 Processamento

Para a unificação das cenas adquiridas para os anos de 2009 (imagens HRC), 2011 e 2013 foi utilizada a ferramenta para a elaboração de mosaico no programa ENVI (versão 5.1).

Ressalta-se que a utilização de diferentes resoluções nas imagens (CBERS-20m e RapidEye-5m) tem um impacto na análise dos resultados uma vez que a qualidade das imagens permitem a visualização de maiores detalhes de cada área e a melhor distinção de elementos urbanos (no caso presente, a vegetação). Para este trabalho esta sendo

estabelecida comparação entre imagens de alta resolução, porém com resolução espacial diferentes (pixels de tamanho distintos), sendo as imagens *RapidEye* com maior grau de detalhes em relação a CBERS – 2B (CCD).

Diante disso, para minimizar este impacto e melhorar a qualidade da análise foi utilizada a imagem pancromática CBERS-2B (resolução de 2,7m) para fins de comparação e seleção correta das áreas que correspondem as jazidas.

Com a finalidade de melhorar ainda mais a qualidade das imagens para interpretação, foi necessária a utilização de filtros com o objetivo de remover as bordas pretas que aparecem e, para isto, foi inserido 0 (zero) no campo *data ignore value* das imagens, ignorando assim os *pixels* pretos. Além disso, em *feathering distance* foi acrescentado o valor 15 para suavização dos níveis de cinza na distância estabelecida.

Mosaico 2011 e 2013

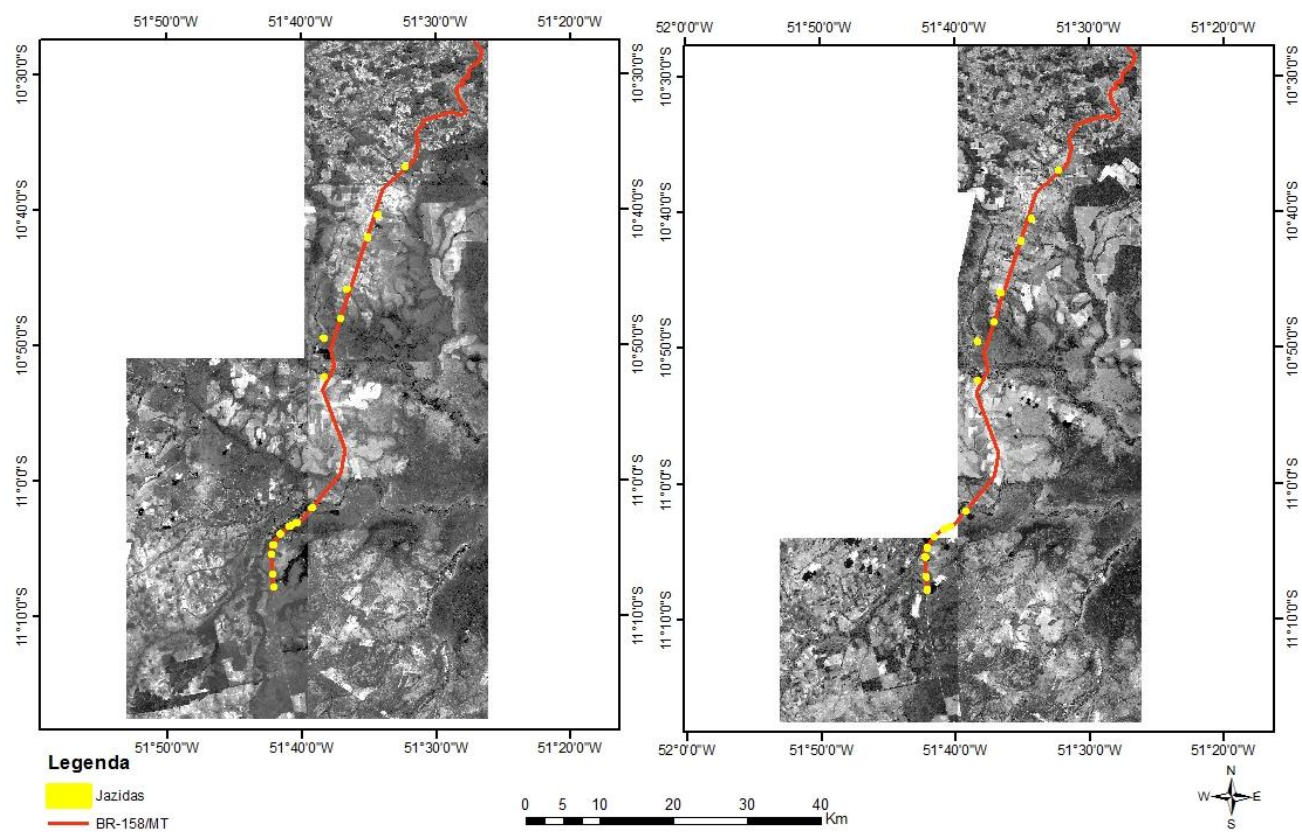


Figura 2 – Mosaico com as cenas 2011 e 2013

Após o processamento dos mosaicos, com as imagens unificadas foi feita a localização exata das áreas de jazidas mais próximas aos pontos coletados em campo e adquiridos por meio dos relatórios elaborados pela Ecoplan, gerando a partir disto os polígonos de cada áreas.

Depois da determinação dos polígonos foram gerados *shapes* de cada jazida para cálculo das áreas correspondentes a fim de comparar ao longo dos anos analisados se houve algum tipo de modificação (seja de aumento ou diminuição).

3.4 Aplicação do NDVI

A utilização desta técnica teve como objetivo realçar as áreas com vegetação das áreas com solo exposto.

No ArcGis a imagem gerada foi classificada pelo método *Natural Breaks* (Jenks, 1967) para análise dos valores gerados.

Portanto, por meio dessa metodologia, o mapa de probabilidade pode ser interpretado como um mapa dividido em 3 grupos de modo que esses grupo possuem probabilidades estimadas semelhantes, destacando assim em paletas de cores diferentes dividindo-se em intervalos gradativos relacionados a cobertura vegetal, facilitando a interpretação visual.

As imagens geradas e classificadas serviram de subsídio para a comparação das áreas de jazidas, verificando se as áreas foram recuperadas, aumentaram ou se mantiveram com a mesma dimensão Figura 3.

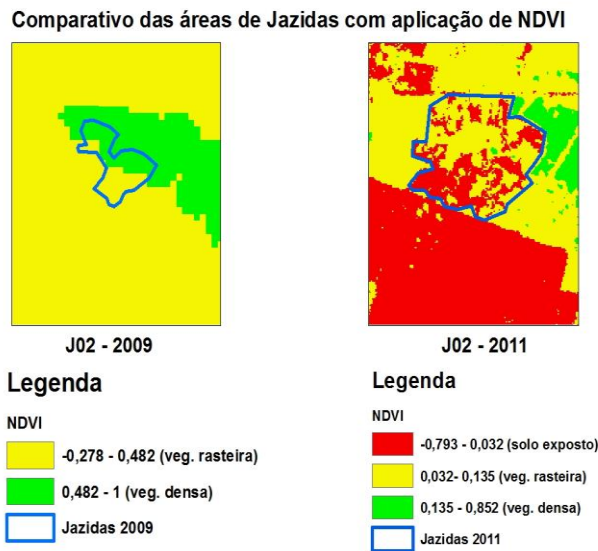


Figura 3 – Comparativo das áreas de jazidas com a aplicação do NDV

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A diferença na resolução das imagens de uma certa forma, dificultou a interpretação das cenas, principalmente as do ano de 2009, devido a sua baixa resolução e consequentemente, maior tamanho dos *pixels* para as áreas pequenas, impossibilitando ver com grandeza de detalhes. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, para fins de comparação foi utilizada imagem CBERS-2B com resolução espacial de 2,7 m.

A delimitação dos polígonos das jazidas e o cálculo do tamanho de suas áreas com base nas imagens de satélite adquiridas trouxeram uma primeira visão da situação destas áreas ao longo dos anos. A Tabela 3 apresenta as áreas em hectares e a diferença de tamanho entre os anos, possibilitando uma visão prévia do comportamento das jazidas ao longo dos anos.

Tabela 3 – Áreas desmatadas das jazidas

Cód. Jazida	Tamanho 2009	Tamanho 2011	Tamanho 2013	Diferença entre 2011 e 2009	Diferença entre 2013 e 2011	(%) 2011 e 2009	(%) 2013 e 2011
J01	-	0,1695 ha	0,2431 ha	-	0,0736 ha	-	43%
J02	2,9685 ha	18,1882 ha	23,2542 ha	15,2197 ha	5,0660 ha	513 %	28%
J03		0,4032 ha	0,3391 ha		-0,0641 ha	-	-16%
J05	-	9,6584 ha	8,8179 ha	-	-0,8405 ha	-	-9%
J07	-	4,9598 ha	5,9084 ha	-	0,9486 ha	-	19%
J08	-	3,0337 ha	2,7592 ha	-	-0,2745 ha	-	-9%
J13	-	5,9967 ha	6,0202 ha	-	0,0235 ha	-	0%
J17	4,5702 ha	3,0130 ha	2,2644 ha	-1,5572 ha	-0,7486 ha	- 34%	-25%
J18	-	3,2791 ha	3,3890 ha	-	0,1099 ha	-	3%
J19	1,2580 ha	1,1310 ha	2,3347 ha	-0,1270 ha	1,2037 ha	- 10%	106%
J20	6,6995 ha	4,8285 ha	9,5200 ha	-1,8710 ha	4,6915 ha	- 28%	97%
J21	-	3,2143 ha	13,4992 ha	-	10,2849 ha	-	320%

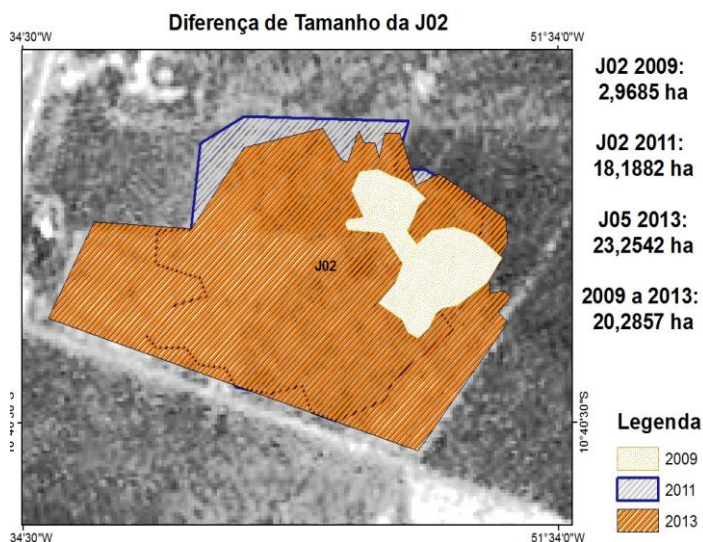


Figura 4 – Áreas da J02 ao longo dos anos.

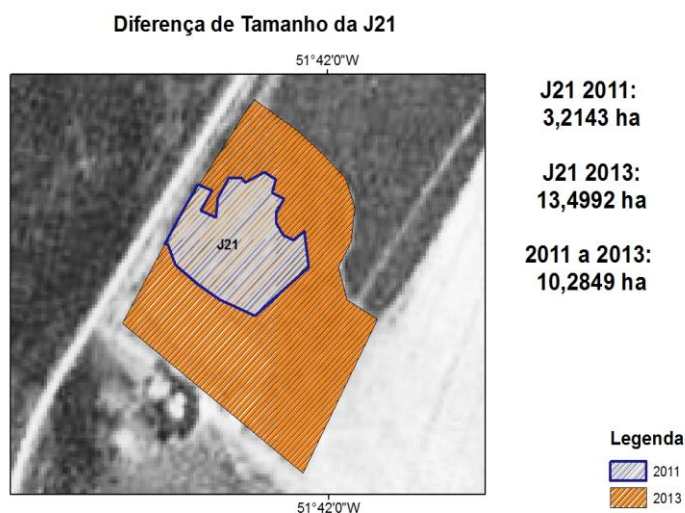


Figura 5 - Áreas da J21 ao longo dos anos.

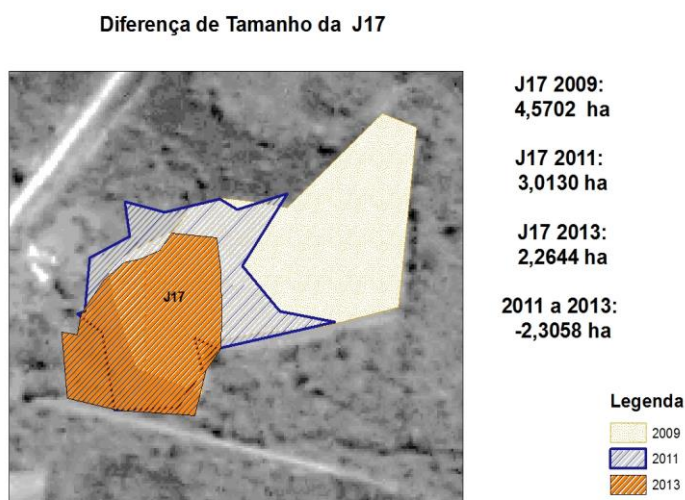


Figura 6 - Áreas da J17 ao longo dos anos.

As Figura 4 à 6 ilustram a variação das áreas da jazida J02 (513% entre 2009 e 2011 e 28% entre 2011 e

2013 e J21 (320% entre 2011 e 2013), as que tiveram o aumento mais significativo ao longo dos anos, bem como a J17 a qual teve sua área recuperada positivamente (34% entre os anos de 2009 e 2011 e 25% entre o ano de 2011 e 2013) com a indicação dos seus tamanhos e a variação ao longo dos anos.

Algumas dessas jazidas durante o ano de 2009 ainda não haviam sido exploradas, pelo menos para fins de obra, por isso os resultados comparativos do ano de 2009 e 2011 levaram em consideração apenas as jazidas que estavam em utilização neste intervalo de tempo e apresentavam solo exposto.

A partir dos tamanhos das áreas obtidos pela análise das imagens obteve-se a variação das áreas iniciais e finais com objetivo de analisar o crescimento ou a diminuição visando analisar o percentual das mesmas.

Pode-se analisar que no ano de 2009 a J01 ainda não havia sido aberta para exploração. Já nos anos de 2011 a 2013 a J01 já estava em operação, tendo sua área aumentada em 0,0736 ha, conforme Tabela 3 – Áreas desmatadas das jazidas.

Comparativo das áreas de Jazidas

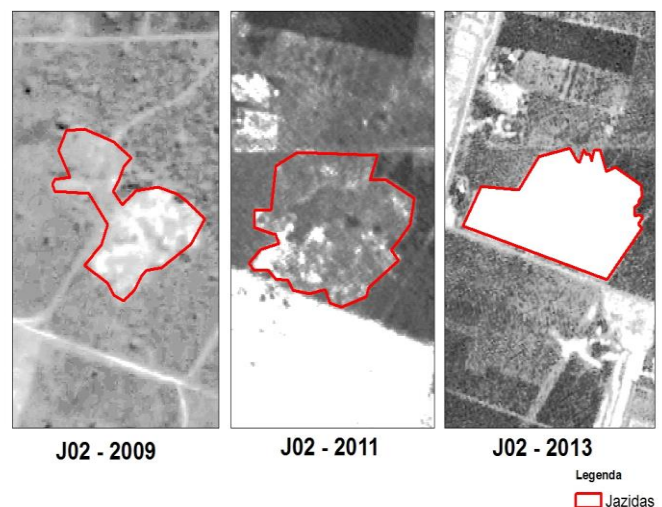


Figura 7 - Comparativo J02 2009 a 2013

Observa-se na Figura 7 que no ano de 2009 a área que estava sendo utilizada para exploração de material era de 2,9685 há, já a do ano de 2011 passou a ser 18,1882 ha aumentando 15,2197 há em relação a 2009. No ano de 2013 a área já passou a medir 23,2542 ha. Nestas imagens fica bem característico o aumento significativo de 20,2857 ha (2009 a 2013) das áreas exploradas para retirada de material de apoio às obras.

Comparativo das áreas de Jazidas com aplicação de NDVI

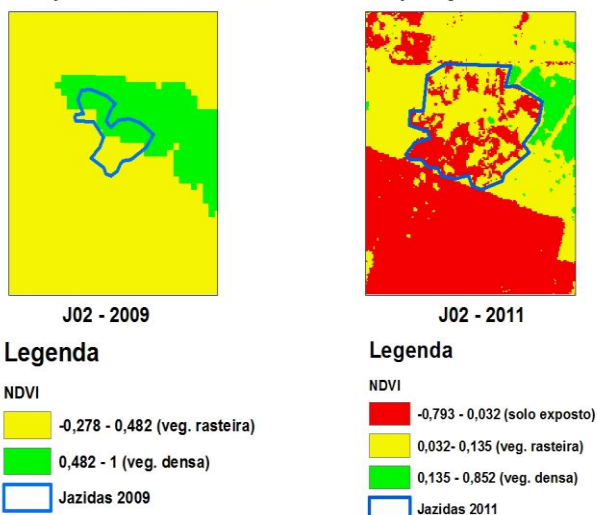


Figura 8 – Comparativo J02 2009 e 2011 com NDVI

Ressalta-se que para comprovação da cobertura vegetal das áreas foi feita comparação das imagens NDVI, conforme ilustrado na Figura 8. Quanto mais próximos os valores estão de 1 maior é a cobertura vegetal, consequentemente quanto menores forem estes valores em relação a 1 menos cobertura vegetal a área apresenta. Com base nessa informação pode-se observar que ao longo dos anos de 2009 a 2013 não somente houve um aumento na área da jazida como uma diminuição de sua cobertura vegetal, evidenciando a exploração da mesma.

Observa-se que no ano de 2009 a J03 ainda não havia sido aberta para exploração. Já nos anos de 2011 a 2013 a jazidas estava em operação, contudo pode ser observado que houve uma redução de 0,0641 ha da área de 2013 em relação a 2011.

Comparativo das áreas de Jazidas com aplicação de NDVI

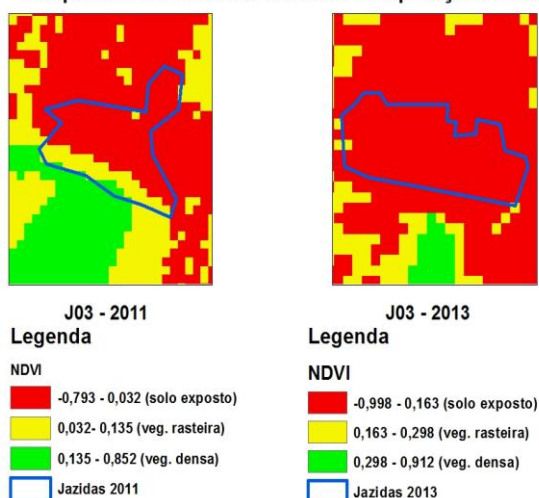


Figura 9 - Comparativo J03 2011 e 2013 com NDVI

A Figura 9 demonstra as áreas com a aplicação da classificação com valores de NDVI. Observa-se que houve diminuição da área em 2013 porém dentro da faixa de valores com representação de solo exposto (-0,998 – 0,163, coloração vermelho), o que demonstra que ela ainda não havia sido recuperada.

No do ano de 2009 a J05 ainda não havia sido aberta para exploração. Já nos anos de 2011 a 2013 a jazida já estava em operação. No ano de 2013 a área teve uma diminuição 0,8405 ha, sendo possível notar inclusive o replantio (vegetação rasteira) para recuperação vegetal, conforme Figura 10.

Comparativo das áreas de Jazidas com aplicação de NDVI

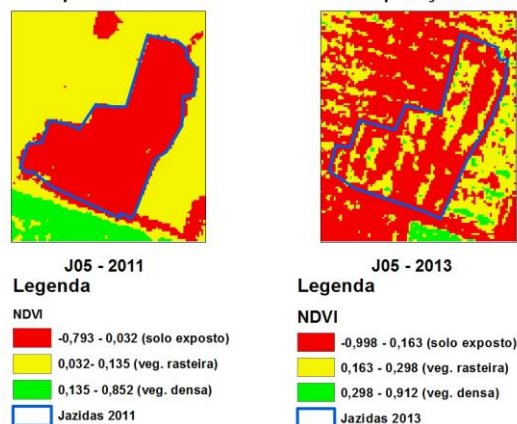


Figura 10 - Comparativo J05 2011 e 2013 com NDVI

Observou-se que no ano de 2009 a jazida J07 ainda não havia sido explorada para retirada de material. No ano de 2011 já é possível observar pelas imagens de satélite a presença de área de remoção de material e se comparado com o ano de 2013, ocorrendo um aumento de 0,9486 ha na área, (19%).

Comparativo das áreas de Jazidas com aplicação de NDVI

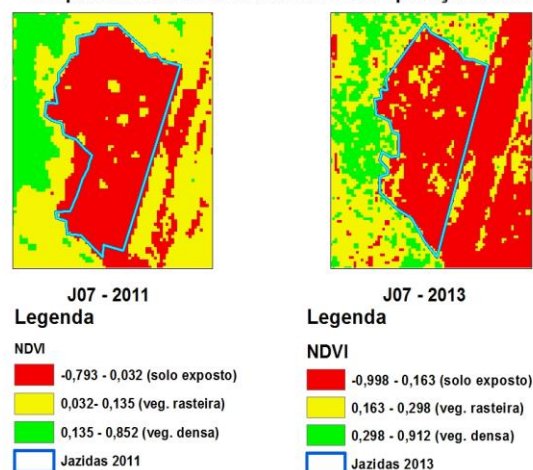


Figura 11 - Comparativo J07 2011 e 2013 com NDVI

Entretanto ao se observar Figura 11 nota-se que apesar do aumento ocorrido na área no intervalo de tempo entre 2011 e 2013, de 0,9486 (19%), no ano de 2013 houve um processo de recuperação vegetal já que há existência de áreas de vegetação rasteira (visualizadas na cor amarela).

No que se refere a J08 observou-se nas imagens que nos anos de 2011 e 2013 houve uma pequena redução de 0,2745 (9%) do tamanho da área, com a apresentação de cobertura vegetal, o que demonstra êxito em seu processo de recuperação.

As imagens demonstraram um aumento mínimo de 0,0235 ha da área de 2011 para 2013 para a J13.

Comparativo das áreas de Jazidas com aplicação de NDVI

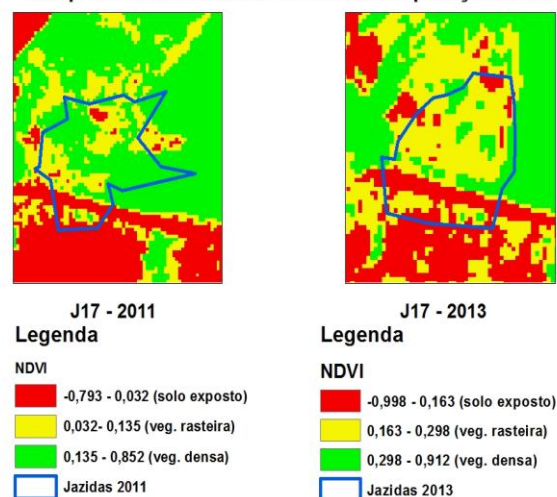


Figura 13 - Comparativo J17 2011 e 2013 com NDVI

Comparativo das áreas de Jazidas

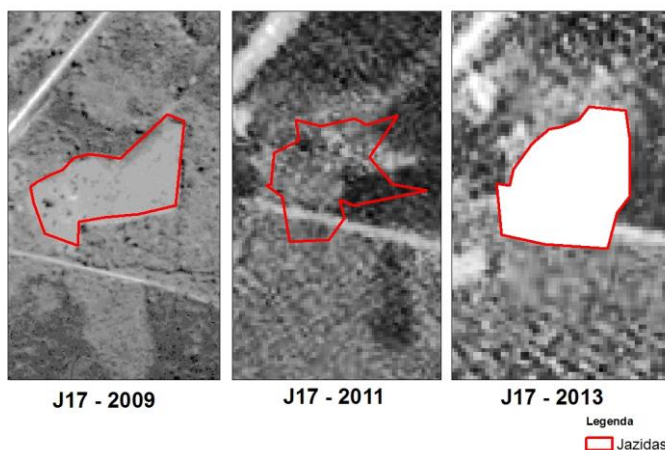


Figura 12 - Comparativo J17 2009 a 2013

A Figura 12 demonstra que no ano de 2009 tratava-se de uma área com vegetação rasteira. No ano de 2011 esta mesma área teve um recuperação vegetal significativa de 1,5572 ha, se observada a cobertura vegetal da Figura 13. No entanto, ao observamos o ano de 2013 nota-se que a jazida voltou a ser explorada se analisada o retrocesso da cobertura vegetal.

No ano de 2009 a J18 possuía uma área com cobertura vegetal presente. No ano de 2011 a área passou a ser explorada para retirada de material aumentando 0,1099 há no intervalo até o ano de 2013.

No ano de 2009 a jazida J19 possuía vegetação rasteira começando a apresentar áreas de exploração no ano de 2011, porém o tamanho de sua área diminuiu em 0,1270 ha em relação a 2009. No ano de 2013 a área aumentou em 1,2037 ha em relação a 2011.

As imagens apresentaram a redução de 1,8710 ha de área de exploração no ano de 2011 em relação a 2009 na J20, porém apresenta novamente um aumento na área explorada no ano de 2013, de 4,6915 ha. Isto pode representar que a jazida esteve um tempo inoperante nas proximidades do ano de 2011 porém voltou a atividade de retirada de material durante o ano de 2013.

Comparativo das áreas de Jazidas

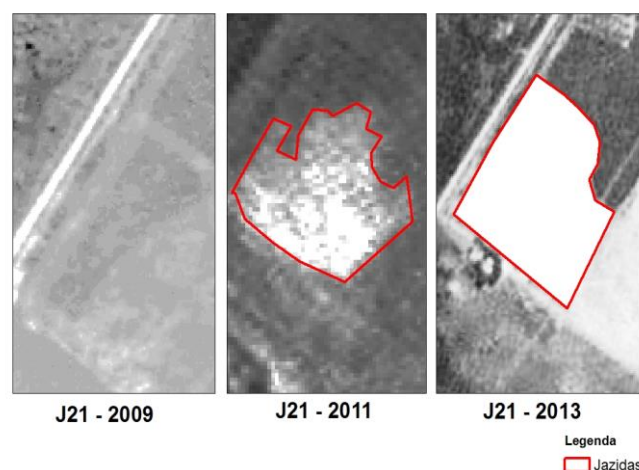


Figura 14 - Comparativo J21 2009 a 2013

A Figura 14 apresenta um aumento significativo de 10,2849 ha da área destinada a jazida no ano de 2013 em relação a 2011, com o aumento de área com solo exposto. Observa-se na Figura 15 o aumento de áreas com solo exposto em relação a 2011.

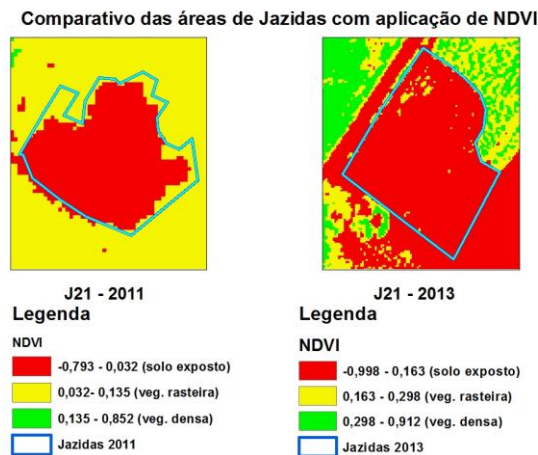


Figura 15 - Comparativo J21 2011 e 2013 com NDVI

Cumprе ressaltar que as imagens geradas com NDVI foram analisadas com base na escala de variação de NDVI, onde quanto mais próximos os valores estão de 1 maior e mais densa é a cobertura vegetal (verde claro), apresentando redução na densidade vegetal na coloração amarela (vegetação rasteira). A cor vermelho apresentam áreas com solo exposto.

De forma geral, entre os anos de 2009 e 2011 das 4 (quatro) jazidas analisadas 1 (uma) teve aumento em sua área de exploração, sendo que a jazida J02 teve um aumento de 5, 0660 ha no ano de 2011, o que representa 513% da área inicialmente explorada no ano de 2009, um aumento bastante significativo. As jazidas J01, J03, J05 e J07 apresentaram na imagem NDVI índices de vegetação rasteira, dessa forma, não foram computadas como áreas de jazida porque a imagem mostra que para o ano de 2009 trata-se de uma área de plantação.

As outras 3 jazidas (J17, J19 e J20) tiveram uma diminuição de 34%, 10% e 28% respectivamente.

Entre os anos de 2011 e 2013 das 12 (doze) jazidas analisadas 8 (oito) delas tiveram um aumento em sua área de exploração, sendo que a jazida J21 teve um aumento de 10,2849 ha, correspondentes a 320% da área do ano de 2011. Entretanto apesar do aumento da área ser latente na imagem NDVI a título de análise do PRAD não é possível inferir se este aumento está ligado à exploração da jazida ou a utilização da área para plantio, uma vez que as obras findaram em 2011 e com isso não seria mais necessária a

retirada de material. Dessa forma, se houve exploração do material desta jazida pode ser para fins particulares, como por exemplo plantio ou para pastos.

Outra jazida que teve um aumento significativo em sua área de exploração foi a J19, tendo um aumento de 106%.

A jazidas J03, J05, J08 E J17 apresentaram redução de sua áreas em 16%, 9%, 9% e 25% respectivamente. Além delas, as jazidas J13 e J18 apresentaram um aumento mínimo, sendo que a J13 o aumento não pode ser mensurado percentualmente e a J18 aumentou em apenas 3% o tamanho de sua área em relação a 2011.

Ao analisarmos Gráfico 1 correspondente ao ano de 2009 a 2011 houve uma diminuição de 75% nas áreas de jazidas analisadas, podendo desta forma indicar que houve êxito nas ações de recuperação das jazidas considerando a diminuição de hectares em suas áreas.

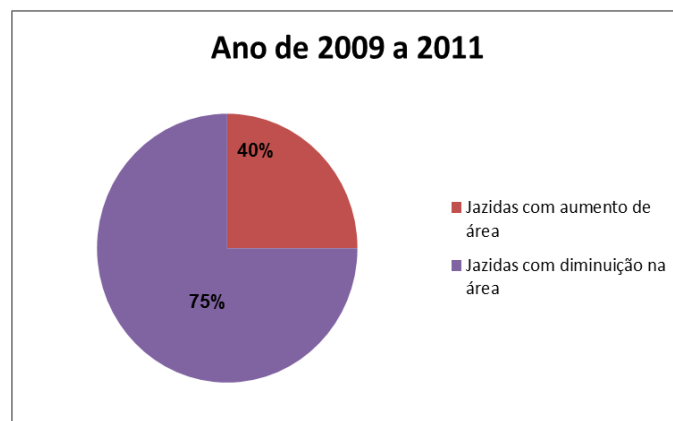


Gráfico 1 – Porcentagem de recuperação das áreas

Já ao analisarmos o Gráfico 2 referente aos anos de 2011 a 2013 houve um aumento de 67% das dimensões das áreas de recuperação. Este dado é bastante significativo ao se levar em consideração que as obras do Lote 02/2A encerram em agosto de 2011 e, dessa forma, a tendência deveria ser a diminuição das áreas uma vez que não seria mais necessária a retirada de material para apoio a obra de implantação e pavimentação da BR-158/MT.

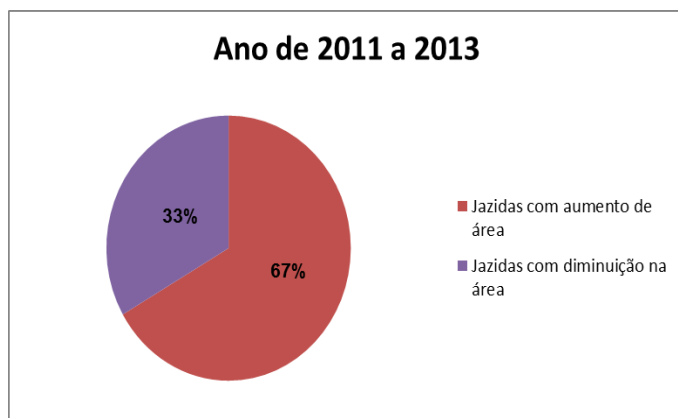


Gráfico 2 – Porcentagem de recuperação das áreas

O aumento destas áreas pode ser analisado por vertentes com a continuidade da utilização das jazidas para as obras dos outros trechos, o aproveitamento da abertura das áreas para agricultura e possível aumento delas para tal ou a utilização do material destas áreas para outros fins pelas empreiteiras ou pelos próprios proprietários, como a criação de pastos para gado por se tratar de uma região rodeada por fazendas.

Diante do exposto pode-se observar por meio desta pesquisa que quando havia fiscalização das áreas e execução/manutenção do PRAD por parte da empreiteira houve sucesso na recuperação da área.

No entanto, a partir desta linha de raciocínio após a conclusão da obra, ano de 2013, e a desmobilização da empreiteira, representando assim a não manutenção e fiscalização das áreas exploradas, houveram aumentos significativos nas mesmas. Tais aumentos podem ter ocorrido pela utilização das áreas para outros fins, que não necessariamente estejam relacionados a obras, como agricultura e pecuária, por exemplo, uma vez que as áreas utilizadas para retirada de material eram áreas particulares.

A utilização de imagens ópticas para análise da execução do PRAD ao longo dos anos de 2009 e 2013, bem como a aplicação do NDVI permitiram que pudessem ser avaliadas as áreas de apoio as obras para retirada de cascalho sem a necessidade de ir *in loco*.

Essa metodologia facilitaria a própria fiscalização em si, uma vez que o órgão licenciador ou o próprio empreendedor dessa forma exerceria a fiscalização continua sem comprometimento da situação real da região, sendo ainda uma forma menos onerosa para administração pública.

É importante frisar que o programa de recuperação das áreas degradadas foi executado apenas durante o

período das obras (junho de 2009 e agosto 2011), período em que se percebeu a diminuição das áreas indicando assim sucesso do mesmo.

Entretanto, uma das principais limitações encontradas para execução desta pesquisa foi a aquisição de imagens de qualidade e sem presença de nuvens para o período predisposto. Como mencionado foi necessário utilizar imagens de diferentes sensores e resoluções a fim de tornar viável a análise.

Essa dificuldade em adquirir imagens para uma mesma região, em um único satélite e resolução acabou não tornando possível uma análise 100% fidedigna para o estudo, porém eficiente para os fins de uma análise de variação de áreas.

A Figura 16 ilustra a variação das áreas de jazidas analisadas neste artigo. De forma geral, das 12 jazidas analisadas ao longo dos anos de 2009 a 2013, apenas 4 tiveram redução de suas áreas e 8 tiveram aumento.

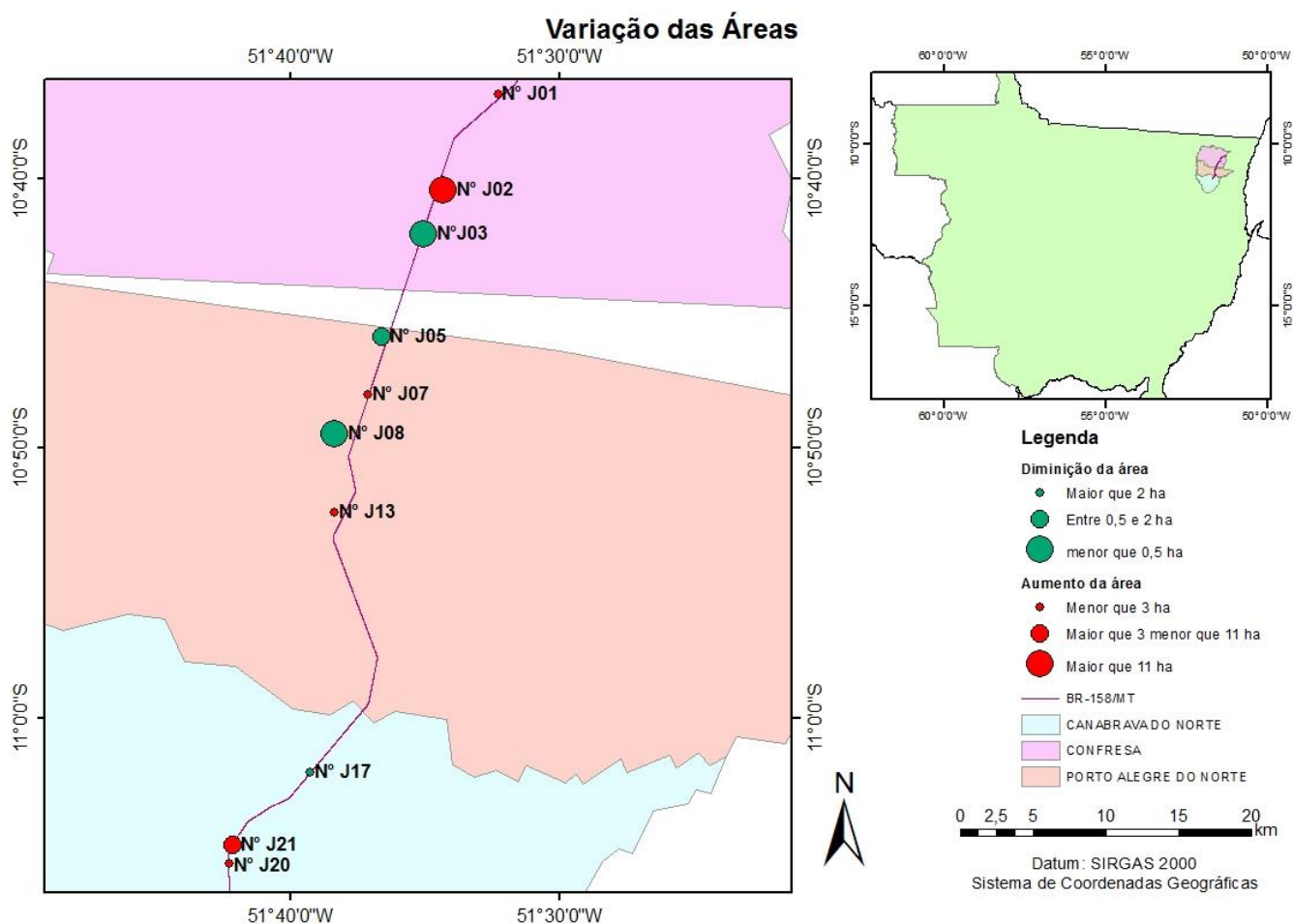


Figura 16 – Mapa de variação das áreas

5. CONCLUSÕES

Por meio das imagens adquiridas dos satélites para os anos de 2009, 2011 e 2013 foi possível localizar, definir os polígonos e visualizar as áreas que foram utilizadas como apoio as obras de implantação da Rodovia BR-158/MT (Trecho Norte), Lote 02/2A, sem que fosse necessária a ida *in loco* para viabilizar a pesquisa. Os processamentos destas imagens apresentados neste trabalho permitiram que as áreas fossem analisadas por meio dos resultados gerados, como por exemplo as imagens de NDVI, pela qual foi possível analisar a densidade da cobertura vegetal existente.

A partir das informações geradas pelas ferramentas de processamento de imagens pode-se concluir que o Programa de Recuperação de Áreas Degradadas foi eficiente entre os anos de 2009 e 2011, período entre o início das obras e a sua conclusão e em que de fato o programa era executado pela empreiteira responsável pelas obras, apresentando uma diminuição de 75% das áreas que foram exploradas para empréstimo de material.

No entanto, quando analisamos o intervalo de tempo entre os anos de 2011 e 2013 percebe-se que houve um aumento 67% da dimensão das áreas de jazidas, podendo ser inferido que houve um retorno da exploração de material ou a utilização destas áreas para outros fins (agricultura, pecuária, exploração do material pelos próprios proprietários, dentre outros.)

REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS

- ANTUNES, M. A. H; Debiassi, P; Siqueira, J. C. dos S. **Avaliação espectral e geométrica das imagens rapideye e seu potencial para o mapeamento e monitoramento agrícola e ambiental.** Revista Brasileira de Cartografia. N. 66/1. P. 105-113. 2014.
- BRASIL - Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências;
- BRASIL - Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989 - Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981;
- BRASIL, Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 – Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.
- BRASIL, CONAMA N.10, de 6 de dezembro de 1990 – Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II.
- CÂMARA, G., **Geoprocessamento em Projetos Ambientais.** Disponível em < http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/1introd.pdf>
- CASTANHO, R.B; ROSA, R. **O geoprocessamento como instrumento de análise territorial do espaço agropecuário da Microrregião geográfica do Carazinho – RS, Brasil.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil 21-26 de abril de 2007, INPE, p. 2397 – 2404.
- CENTRO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL FEDERAL (CELAF/IBAMA), **Guia de procedimento do licenciamento ambiental,** 2002, p. 1-1. Disponível em <www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/Procedimentos.pdf>
- DELAZER, L. **SIG aplicado ao meio ambiente,** 2011. Disponível em < https://docs.ufpr.br/~luciene/disc/aula1_ambiental.pdf>
- ECOPLAN ENGENHARIA LTDA, **Projeto Básico Ambiental BR-158/TRECHO NORTE,** 2009, p.120-143.
- GLOBALGEO, RapidEye. Disponível em < <http://www.globalgeo.com.br/satelite/rapideye/>>
- INSTITUTO BRASILEIRO DOS MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, **Processo de licenciamento.** Disponível em<<http://www.ibama.gov.br/licenciamento-ambiental/processo-de-licenciamento>>
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Satélites.** Disponível em < <http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/portugues/satelites.php>>.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Catálogo de Imagens.** Disponível em < <http://www.dgi.inpe.br>>
- JENKS, George F, "The Data Model Concept in Statistical Mapping", International Yearbook of Cartography 7: 186–190, 1967
- KELI, A; CÂNDIDO, A. A. **Tratamento de imagens orbitais e suborbitais para caracterização ambiental da cabeceira do Rio São Lourenço – MT,** 2012.
- MAEDA, V.;SALES, R.; SIMONATO, T. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações e utilidades – Parte 02.** Disponível em < <http://www.devmedia.com.br/sistemas-de-informacoes-geograficas-aplicacoes-e-utilidades-parte-02/7792>>
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Geo Catálogo.** Disponível em < <http://geocatalogo.mma.gov.br/index.jsp>>
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Recuperação de áreas degradadas.** Disponível em < <http://www.mma.gov.br/destaques/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>>
- ODUM, E.P. (1988). Ecologia. University of Georgia. Ed. Guanabara. Rio de Janeiro. 434p.
- PONZONI, F. J.; Shimabukuro, Yosio Edemir. **Sensoriamento Remoto no Estudo da**

Vegetação. São José dos Campos: Parêntese, 2010.

ROSENO, J. dos S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis.** 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.

ROUSE, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; **Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS.** In **Earth Resources Technology Satellite- 1 Symposium**, 3, 1973. Proceedings. Washington, 1973, v.1, Sec. A, p. 309-317.

SALLES, G.C et al. **Uso de series temporais de imagens LANDSAT/TM para análise de degradação ambiental das áreas de pântano na ADA do Rio Pandeiros/MG. V Geonordeste. V Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.** Feira de Santa, Brasil. 06-10 de novembro de 2011.

SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA; GOVERNO DE SANTA CATARINA, **Cartilha para o licenciamento ambiental de jazidas minerais.** Disponível em < http://sie.sc.gov.br/Cartilha_Licenciamento_Jazidas_final.pdf>. Prefácio, p.ii.

VIGANÓ, H.A; BORGES, E.F; FRANCA-ROCHA,W.J.S, **Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR, Brasil. 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p. 1828.

ZUCHERATO, B.; FREITAS, M. I. C. **A determinação de um método de classificação para a elaboração de um atlas escolar “Atlas Ambiental do Estado de São Paulo”.** In: COLÓQUIO DE CARTOGRAFIA PARA CRIANÇAS E ESCOLARES, 7, 2011. Vitória. Anais... Vitória, 2011. p. 66-83.